SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE (GRUPPO SECONDO)

l'antenna LA RADIO

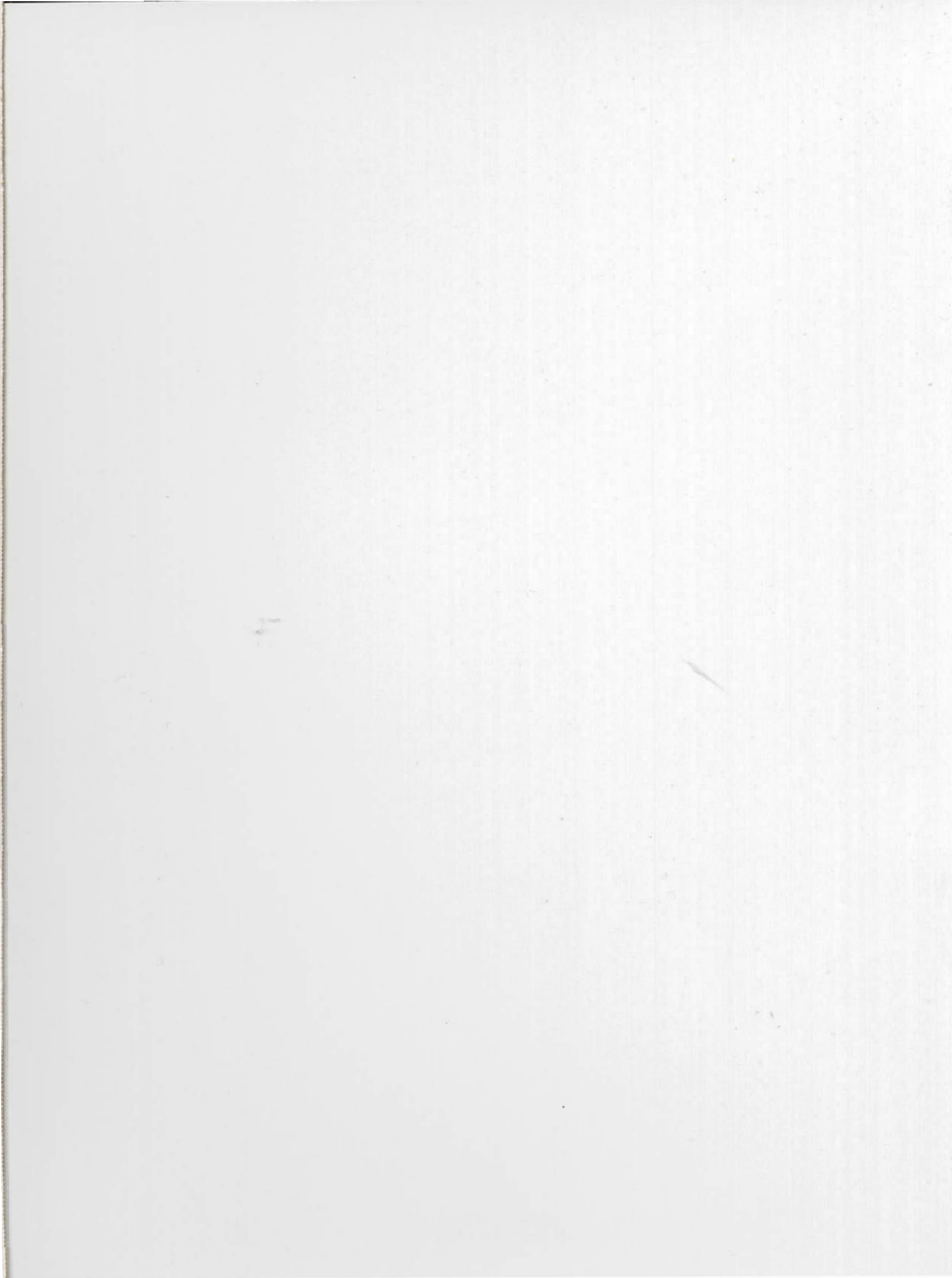
QUINDICINALE DI RADIOTECNICA

N° 9

ANNO XII

15 MAGGIO

1940 – XVIII

L. 2,50

QUINDICINALE DI RADIOTECNICA

ANNO XII NUMERO 9

15 MAGGIO 1940 - XVIII

Abbonamenti: Italia, Albania, Impero e Colonie, Annuo L. **45** — Semestr. L. **24**
Per l'Estero, rispettivamente L. **80** e L. **45**
Tel. 72-908 - C. P. E. 225-438 - Conto Corrente Postale 3/24227
Direzione e Amministrazione: Via Senato, 24 - Milano

MOLTIPLICATORI DI ELETTRONI

A EMISSIONE SECONDARIA

A. Z.

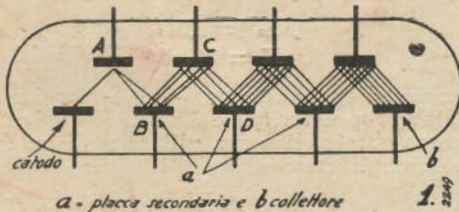
2249/10

Certe superfici, colpite da un fascio catodico, emettono a loro volta degli elettroni. Questo è il fenomeno *dell'emissione secondaria.*

Il raporto tra gli elettroni emessi e quelli ricevuti varia da 10 a una frazione di unità in dipendenza della natura delle superfici e dalla rapidità degli elettroni.

Si è cercato di utilizzare questo fenomeno per l'applicazione di una corrente iniziale piccola.

Selezionando delle superfici di grande emissione secondaria (fig. 1) si sono realizzati dei dispositivi nei quali il fascio elettronico emesso dalla prima superficie viene ricevuto e amplificato da una seconda; questo viene di nuovo amplificato da una terza, e così via, come lo dimostra la figura 1.

a - placca secondaria e *b* collettore — 1.

Chiamiamo R il numero degli elettroni secondari emessi da un elettrone ricevuto da ogni superficie e n il numero degli elettroni che agiscono; chiamano I_0 la corrente iniziale: la corrente ottenuta I sarà data da questa formula:

$$I = I_0 R^n \qquad (1)$$

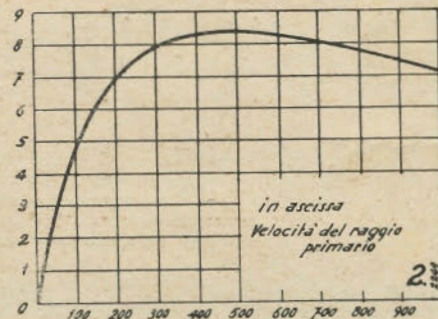
Ma questa formola non può essere valida perchè bisognerebbe che tutti gli elettroni rimandati da ogni superficie colpissero la superficie che segue e che non avvenissero amplificazioni intermedie.

Nella realtà una valvola come nella figura 1 sarebbe inefficace. Da questo la necessità di guidare gli elettroni, come segue.

Considerazioni generali

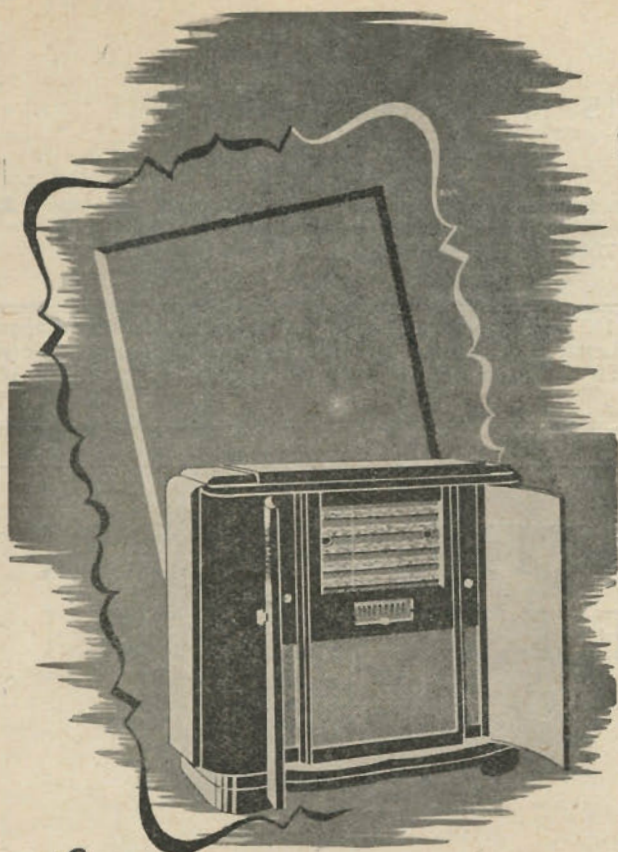
1) Emissione secondaria — Dalle teorie fisiche ben poco possiamo sapere sulle superfici emittenti.

Sono invece determinate da ricerche metodicamente condotte. Gli ossidi di Ag. di Ba e di Zn, ricoperti da uno strato di cesio hanno dato i risultati migliori: da 8 a 10 elettroni per uno, per tensioni di bombardamento da 400 a 600 volts.

2.

Le curve della fig. 2 mostrano la variazione del rapporto tra l'emissione secondaria e l'intensità della corrente ricevuta in funzione della tensione di bombardamento per queste superfici.

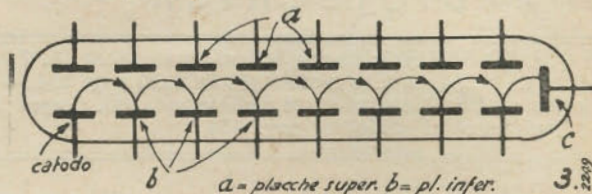
2) Rendimento — Si può così studiare il rapporto tra la corrente emessa e la potenza graduata sulle placche, e si può anche osservare l'amplificazione in funzione del numero dei piani e delle tensioni tra i piani.

Se I_0 e V_0 sono la corrente primaria e la tensione di bombardamento, la potenza graduata W è $V_0\ I_0$.

Se chiamiamo I la corrente secondaria e R il rapporto tra gli elettroni forniti e ricevuti, abbiamo questa relazione:

$$I = I_0 R$$

$$\frac{I}{W} = \frac{I_0 R}{V_0 I_0} = \frac{R}{V_0}$$

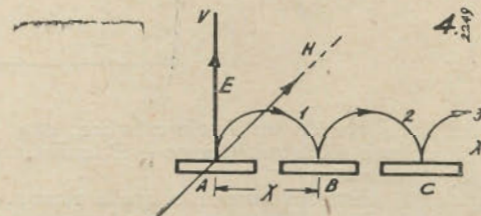
Le curve della figura 4 dedotte da quelle della figura 2 indicano la variazione del rapporto $\frac{I}{W}$ oppure $\frac{R}{V_0}$ in funzione della tensione di bombardamento V_0.

Si vede da queste curve che l'emissione, realizzata per il suo valore massimo di circa 30 volts, è di circa 60 milliampères per W graduato.

Nel caso di un moltiplicatore a n piani l'amplificazione totale di corrente è $G = R^n$, La tensione totale è $V = nV_0$.

Dunque $G = R^{\frac{V}{V_0}}$.

L'amplificazione massima realizzata quando variano il numero dei piani n e la tensione di bombardamento V_0, è data dall'equazione:

$$\frac{dG}{dV_0} = 0 \, ; \, \frac{dG}{dV_0} = R^{\frac{V}{V_0} - 1} \left(\frac{V}{V_0} \frac{dR}{dV_0} - \frac{V}{V_0^2} R \log R \right) = 0 \quad (3)$$

$$\frac{dR}{dV_0} = \frac{V_0}{R} \log_e R. \quad (4)$$

3) Rumore di fondo — Le fluttuazioni della corrente elettronica producono il soffio, o rumore di fondo.

Poniamo due ipotesi:

1. Il soffio iniziale dovuto alla prima emissione fotoelettrica è moltiplicato dal coefficente di amplificazione dopo il passaggio dalla prima superficie di emissione. 2. Questa gli addiziona a sua volta il suo proprio soffio, e per ogni piano la cosa si ripete. In queste condizioni se i_n è la fluttuazione di intensità per una corrente emessa I, le teorie fisiche ci danno la relazione:

$$I_n^2 = K I$$
$$K = 2 e F$$

(e = carica di un elettrone — F = larghezza della parte all'interno della quale è misurato il soffio)

Ammesso questo, il soffio, all'uscita di un tubo a n piani e di amplificazione totale G, sarà:

$$i_n^2 = \frac{G^{\frac{n+1}{n}} - 1}{G^{\frac{1}{n}} - 1} = 2 e F I = K' I \quad (5)$$

$$\frac{K'}{K} = \frac{G^{\frac{n+1}{n}} - 1}{G^{\frac{1}{n}} - 1}$$

Questo rapporto, calcolato a partire da G, o misurato, è stato trovato lo stesso, con minimissima differenza, ciò che conferma le due ipotesi fatte.

Sostituendo G col suo valore R^n nell'equazione (5) e trascurando 1 dopo R^{n+1} si ha:

$$i_n^2 = \frac{R^{n+1}}{R-1} \, 2 e F I$$

$I = R^n I_0$ (I_0 corrente originaria fotoelettrica)

$$i_n^2 = \frac{R^{2n+1}+1}{R-1} \, 2 \, e \, F \, I_0$$

Sia i_s il segnale dovuto all'azione della luce sulla prima superficie foto-emittrice,

$$i_s = K \, I$$

Sia S_M il rapporto $\frac{i_s}{i_n}$ dal segnale al rumore di fondo che ci proponiamo di misurare, si deduce:

$$S_M^2 = \frac{i_s^2}{i_n^2} = K^2 \frac{R^{2n}}{\frac{R^{2n+1}}{R-1} \, 2 \, e \, F} \, I$$

$$S_M^2 = \frac{K^2}{2 \, e \, F} \, \frac{R-I}{R} \, I$$

Sia S il rapporto dal segnale al rumore di fondo per il segnale originario fotoelettrico

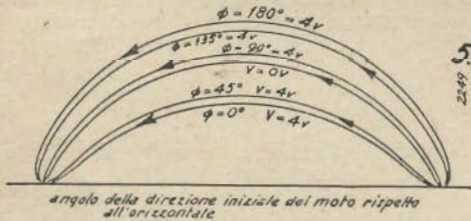
$$S^2 = \frac{2 \, e \, F}{K^2} \, \frac{R-1}{R} \, I$$

Se il termine R è rilevante, $\frac{R-1}{R} \approx 1$ e $S_M \approx 1$ come avviene in pratica.

$$S^2 = \frac{2 \, e \, F}{K^2} \, I$$

Il rapporto del segnale al rumore di fondo è dunque praticamente determinato dalle fluttuazioni della corrente fotoelettrica originaria.

Comparando col calcolo il rapporto Sm al rapporto dal segnale al rumore di fondo nel caso di un amplifi-

catore termoionico, si trova facilmente nel primo caso 8.10^{-9} nel secondo 4.10^{-11} cioè una inferiorità fortissima del moltiplicatore di elettroni.

In pratica questa superiorità è tra il limite da 60 a 100 volte relativamente a questo rapporto tra segnale e rumore di fondo in questi due modi di amplificazione.

Curva di risposta — La curva di risposta di un moltiplicatore di elettroni è parallela all'asse delle frequenze. Questo parallelismo si estende fino alle frequenze più basse. Per le alte frequenze è limitato dalla durata del percorso degli elettroni e dall'inerzia della emissione secondaria, ma questi limiti possono essere respinti finchè si vuole da una elevazione della tenzione di placca.

Moltiplicatori di elettroni a campi magnetici

1) I moltiplicatori di elettroni si servono dei campi magnetici ed elettrici incrociati per attirare gli elettroni emessi da una placca e orientarli su quella che segue.

La figura 3 dà uno schema di questo principio.

Le placche inferiori sono utilizzate per l'emissione secondaria mentre le placche superiori servono a produrre un campo perpendicolare all'asse della valvola. Un campo magnetico è perpendicolare tanto a questo asse come al campo elettrico.

Questo dispositivo di campi incrociati è messo in evidenza dalla figura 4.

Il campo elettrostatico E è portato sull'asse dei y.

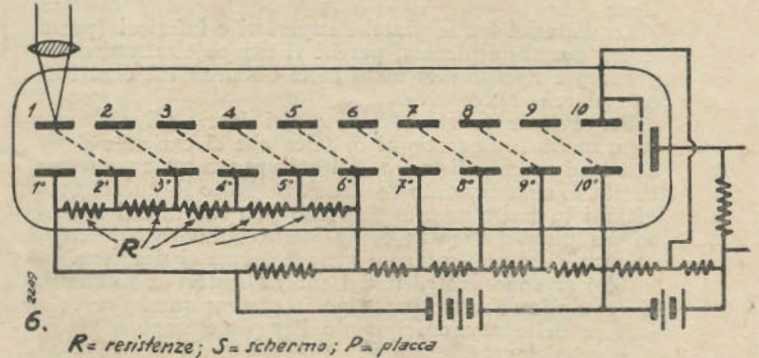
Il campo magnetico H sull'asse dei Z negativi.

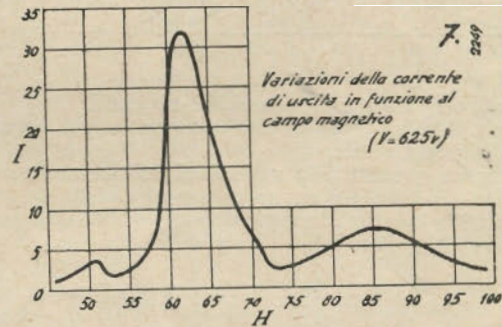
Gli elettroni sono emessi perpendicolarmente alla placca, senza rapidità iniziale.

Le equazioni differenziali del sistema sono:

$$(z) \quad \begin{cases} m \frac{d_2 X}{d t_2} = e H \frac{d y}{d t} \\ m \frac{d_2 Y}{d t_2} = e E - e H \frac{d X}{d t} \\ m \frac{d_2 Z}{d t_2} = 0 \end{cases}$$

da cui una doppia integrazione (tenuto conto delle con-

dizioni inziali) ci dà:

$$\begin{cases} X = \frac{E}{H^2} \frac{m}{e} \left(\frac{e H F}{m} - \sin \frac{e H t}{m} \right) \\ Y = \frac{E}{H^2} \frac{m}{e} \left(1 - \cos \frac{E H t}{m t} t \right) \\ Z = 0 \end{cases}$$

ciò che è l'equazione di un cicloide; la curva dalla forma indicata nella figura 6.

In ciascun punto di ritorno una placca emittrice assicura l'emissione secondaria voluta.

Le precedenti equazioni danno:

Distanza tra centri elettrodi

$$x_0 = 2_n \frac{E}{H^2} \frac{m}{e}$$

Spostamento verticale massima

$$y_0 = 2 \frac{E}{H^2} \frac{m}{e}$$

2) Realizzazione di moltiplicatori magnetici di elettroni.

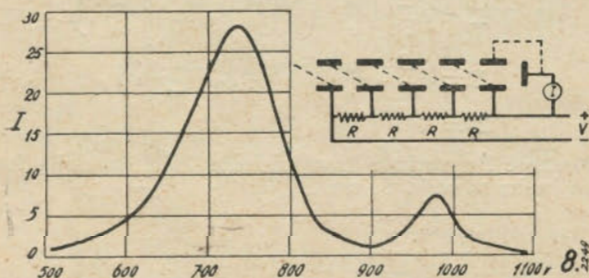
La figura 6 mette in evidenza una realizzazione pratica:

La distanza tra le placche superiori e inferiori (presa il più possibile piccola, perchè il campo elettronico sia grande) è uguale alla metà della distanza tra centri di due placche successive.

Per evitare lo sbandamento dei fasci, gli elettrodi sono montati su sostegni di mica che si caricano degli elettroni spersi. Si trova così sviluppato un campo che limita lo sbandamento dei fasci. Soltanto in queste condizioni lo scentramento dell'asse può limitare il numero dei piani possibili; e, se questo numero è piccolo, in pratica si può ottenere grande, come si desidera.

Così si sono costruiti dei moltiplicatori a 12 piani. Una griglia schermo protegge la placca; questa serve a evitare delle reazioni quando l'amplificazione e la carica sono elevate.

Queste reazioni potrebbero effettivamente produrre certi casi di attaccamento. Ogni elettrodo superiore è connesso all'elettrodo inferiore seguente; il montaggio

8.

è assai semplice e dà buonissimi risultati.

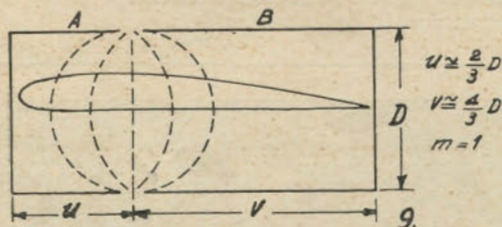
Infine il campo magnetico è prodotto per mezzo di calamite permanenti.

La figura 7 mostra le variazioni della corrente di uscita in funzione del campo magnetico.

La figura 8 indica le variazioni di questa corrente in funzione del potenziale delle placche.

Moltiplicatori elettrostatici

Dove non si può utilizzare un campo magnetico si ricorre a questo tipo di moltiplicatore.

9.

Per la orientazione e la concentrazione dei fasci elettronici, questo moltiplicatore si basa sulle proprietà dei campi elettrici ad asse simmetrica.

Al cospetto dei fasci elettronici questi campi fanno come le lenti al cospetto dei raggi luminosi. La figura 9 mostra come si realizza una tale lente; per mezzo di due cilindri con asse in comune A e B.

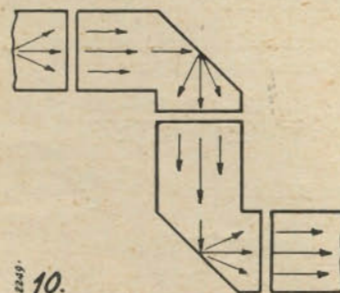
A al potenziale o, B al potenziale E.

Gli elettroni emessi dal catodo A, a minima rapidità, sono concentrati dalla lente al piano focale di questo e colpiscono questo piano con una rapidità di E elettroni-volts.

Buoni risultati si ottengono con queste proporzioni:

$$u + V = 2\,D$$

$$u = \frac{2}{3}\,D \quad , \quad V = \frac{4}{3}\,D$$

10.

Si vede dalla figura 10 come si applica questo dispotivo alla realizzazione pratica di un moltiplicatore tipo L.

Nonostante i risultati ottimi dati da questo apparecchio, esso presenta un inconveniente derivante dal fatto che il focolare iniziale deve essere quasi puntiforme.

Applicazioni

Una prima applicazione semplicissima è quella di cellule e amplificatore fotoelettrici.

Per questo si utilizza di preferenza un amplificatore a campi elettrico e magnetico incrociati che presenta un'amplificazione di parecchi milioni fornendo 10 ampères per lumen.

Le sue dimensioni sono le stesse di una valvola termojonica e la tensione placca necessaria è di 1500 volts.

Il rumore di fondo di questo tubo (dovuto soltanto al soffio della cellula fotoelettrica) è, relativamente al segnale, da 60 a 100 volte più debole che nel caso degli amplificatori a valvole termojoniche.

In pratica si applica ai cinemasonori, al controllo automatico dei porti, delle macchine, ai sistemi di allarme.

Si intravedono altre applicazioni di cui le più importanti sarebbero relative all'iconoscopio, alla moltiplicazione di frequenze, ecc.

Benchè sia da poco uscito dalle ricerche di laboratori il moltiplicatore di elettroni sembra che potrà divenire un serio concorrente delle valvole termojoniche.

*

Una antenna interna perfetta

2253/3

Molti amatori si lagnano della debolezza delle audizioni fornite dal loro apparecchio; molto spesso ricercano le cause di questo inconveniente nell'apparecchio stesso e non si accorgono che sovente la sola responsabile è l'antenna.

La colpa di ciò è da ricercare sopratutto in taluni rivenditori che per smerciare il loro prodotto si servono di un argomento pubblicitario di questo genere: « Il nostro tipo è così sensibile che basta un pezzo di filo gettato a terra per ricevere l'intera Europa » Questa affermazione è eccessiva perchè mai un pezzo di filo qualunque potrà rimpiazzare una che questa porterà una tale esuberanza di potenza da costringervi a riportare verso lo zero il vostro potenziometro, col risultato di avere una audizione pura e piacevole.

Dato quindi che non possiate tendere all'esterno una antenna di almeno 10 m. cercate nel vostro appartamento un luogo (stanza, corridoio, terrazzo) ove vi sia possibile collocare un collettore il più lungo che vi è possibile e fatto come è indicato nella figura.

Provvedetevi di 4 pezzi di filo di uguale lunghezza e tanti *separatori* quanti ne occorrono (distanziati di 50 cm.) per completare il vostro

buona antenna. Sappiamo che la postazione di un buon collettore d'onda esterno non è sempre facile e che con questa si avrebbe un rendimento ottimo sia dal punto di vista del numero delle stazioni come da quello dell'assenza del soffio. Infatti con antenna interna bisogna, per poter ricevere una stazione lontana, spingere il potenziometro verso la fine della corsa ed è noto come in tale posizione il soffio caratteristico di quasi tutte le super è massimo. Sostituendo al vostro piccolo filo interno una vera antenna ben piazzata e ben isolata vi accorgerete subito

collettore d'onda. Questi separatori sono facilissimi da fare: in una tavoletta di legno piazzate 4 chiodi di diametro superiore a quello del vostro filo di antenna. Questi quattro chiodi saranno fissati agli angoli di un quadrato di 10 cm. di lato; le loro teste saranno poi tagliate. Quindi su queste guide sporgenti si attorciglierà un filo di metallo nudo ben rigido come appare dalla fig. 2. Si incomincierà in A con un occhiello, si farà un secondo occhiello in B, un terzo in C, un quarto in D ed infine in quinto ancora in A. Ve ne saranno quindi due in A che andranno saldati assieme. Quando avrete stabilito il numero totale dei vostri separatori, disponeteli in modo che tutti i punti A sieno dal medesimo lato, ossia riservati ad uno stesso filo d'antenna; in questo modo un lato dell'antenna sarà più pesante degli altri tre e sarà sempre il più basso grazie al suo peso: l'antenna non girerà e starà meglio fissa nella sua posizione.

Infilate ciascuno dei 4 fili in ognuno degli occhielli corrispondenti dei separatori disponendo questi ogni 50 cm., distanza questa che si può anche ridurre ma non aumentare; più separatori vi saranno e più superficie ricevente avrà l'antenna. Saldate ogni punto tra filo e occhiello del separatore; questa operazione sarà facile se il filo d'antenna è di trecciola di rame, che su questa la saldatura attacca benissimo. Si avrà cura di stringere bene gli occhielli sul filo in modo da ridurre lo spazio fra loro e così diminuire il blocchetto di saldatura.

Montaggio finale

L'antenna a questo punto è formata: riunire i quattro fili delle due parti, saldarli assieme e fare che uno solo di questi si unisca ad un buon isolatore di porcellana. Un secondo isolatore per parte, non sarà mai di troppo, specialmente se l'antenna è interna. Fissare un filo di discesa nel solito modo e attenzione ad isolarlo con molta cura se dovrà attraversare un muro, una porta, un soffitto ecc.

Ed ora fate il seguente esperimento: Sintonizzate sul vostro apparecchio (al quale è attaccato il solito pezzo di filo) una qualunque stazione poi cambiate rapidamente questo con l'antenna che vi abbiamo consigliata e constaterete immediatamente un rendimento molto ma molto superiore sotto ogni rapporto: potenza, sensibilità (numerose nuove stazioni ben ricevute) assenza o quasi del rumore di fondo, miglior tonalità, ecc.

Seguite dunque il nostro consiglio: provate a costruirvi una simile antenna e vedrete che il risultato vi ripagherà ad usura della piccola spesa occorrente alla sua realizzazione.

«l'amateur Radio»

Gli apparecchi di traffico dilettantistico più in uso in America

F. De Leo

(continuaz. vedi num. precedente)

Ross 4 C

Fig. 6

Questo apparecchio utilizza otto valvole del tipo a 6 Volta compresa la raddrizzatrice che con la alimentazione è contenuta nel cofano dello apparecchio.

Come si può chiaramente vedere dallo schema in questo apparecchio è stato usata una valvola preselettrice a radiofrequenza del tipo 6 D 6 una rivelatrice oscillatrice 6A7, due stadi di media frequenza a 465 chilocicli con due pentodi 6D6, una 6B7 rivelatrice, regolatrice automatica di intensità e preamplificatrice di bassa frequenza, una valvola oscillatrice di media frequenza col sistema dell'accoppiamento eletronico ed un pentodo 42 finale.

Le gamme di ricezione sono 4 ed inseribili a mezzo di un commutatore.

Esse coprono lo spettro di frequenza di 550 a 20.000 chilocicli. L'oscillatore di nota o di media frequenza è completamente schermato dal resto dell'apparecchio ed è accoppiato alla seconda valvola amplificatrice di media frequenza a mezzo di una piccola capacità.

Sargent 8-34

Fig. 7

Lo schema di questo apparecchio denominato *Marine* illustra il circuito usato. E' il classico modello supereterodina a sette valvole più la raddrizzatrice contenuta nel cofano. Copre una gamma d'onda in più del modello Standard. La banda di frequenza va da 200 a 20.000 chilocicli senza salti.

Come si può notare, questo apparecchio non fa uso di preselettore di alta frequenza. La prima rivelatrice del tipo a 2,5 Volta è accoppiata a mezzo della griglia di soppressione alla oscillatrice in tutto eguale alla precedente. A queste seguono due valvole amplificatrici di media frequenza del tipo 58, un triodo 55 secondo rivelatore a caratteristica di placca, un oscillatore di battimenti anch'esso triodo ed una valvola finale pentodo di potenza.

Le cinque gamme d'onda vengono in circuito a mezzo di un commutatore come del resto è visibile nello schema elettrico.

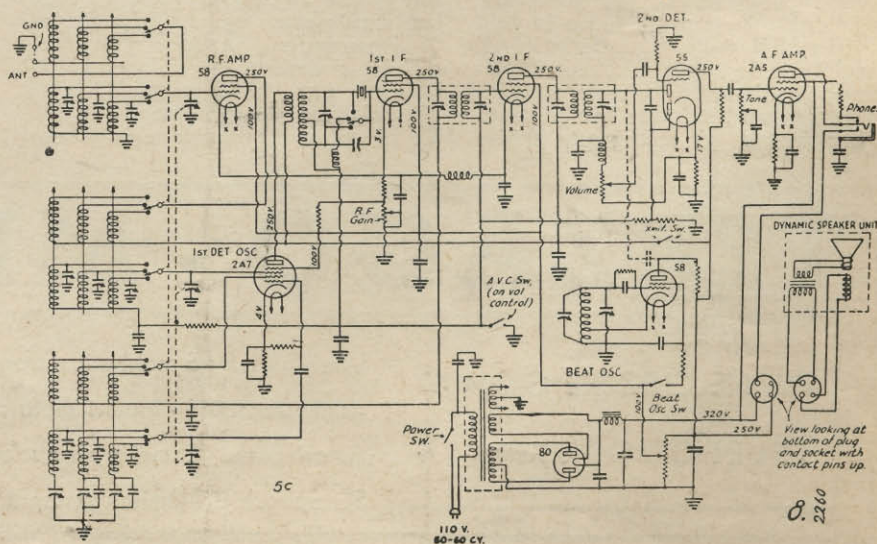
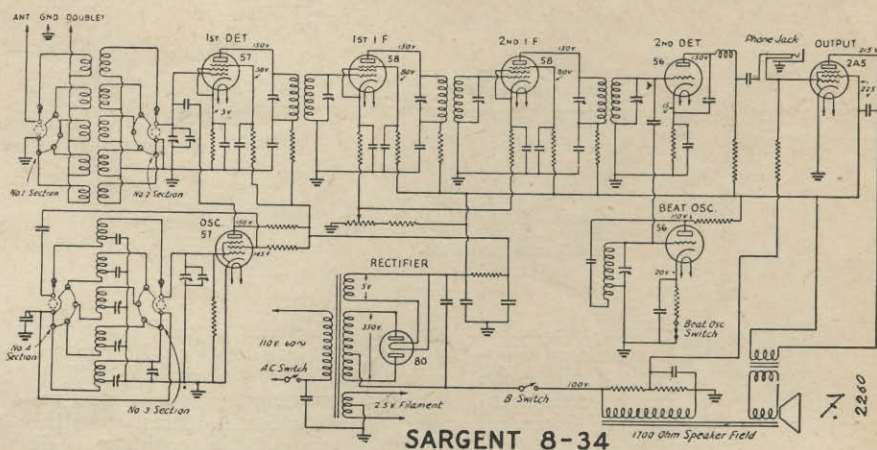
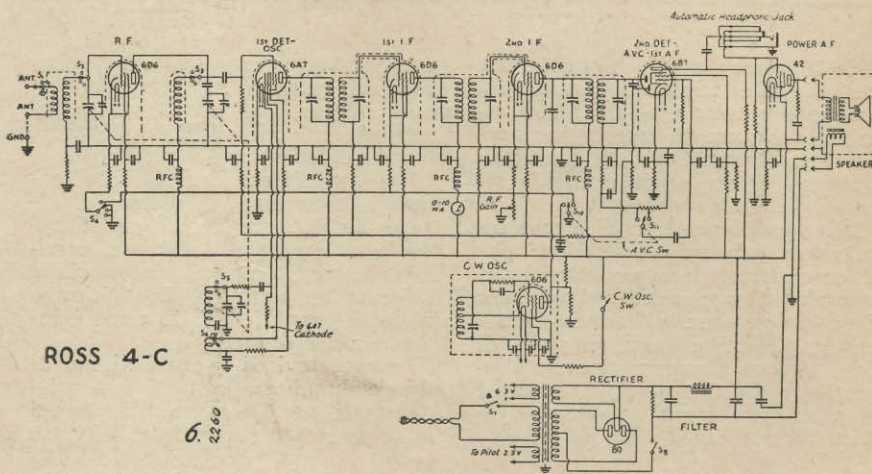
Viene costruito per corrente alternata, per continua a 110-220 Volta e per batterie. Questi ultimi tipi sono dotati di altoparlanti a magnete permanente.

Silver 5-C

Fig.

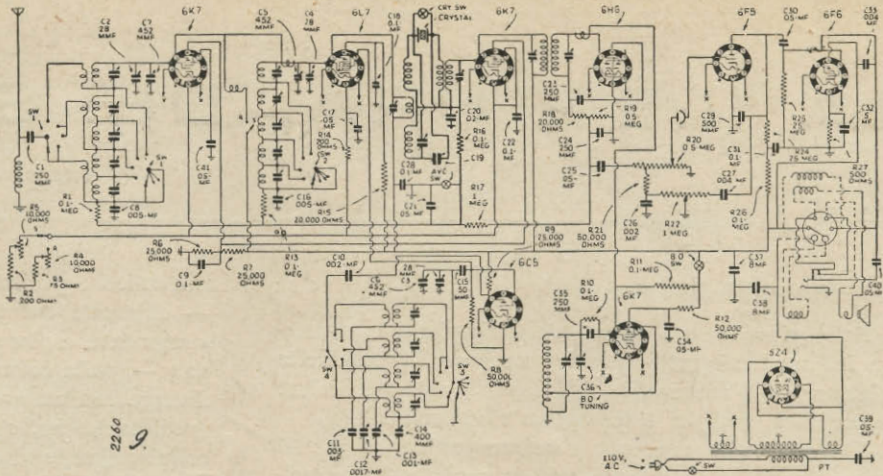
Questo apparecchio prodotto dalla Mc. Murdo è del tipo ad unico segnale ed utilizza sette valvole più una rettificatrice contenuta nel cofano. La prima valvola è una amplificatrice di alta frequenza, segue a questa una convertitrice di frequenza del tipo 2A7 accoppiata con un trasformatore di media frequenza con filtro a cristallo, due amplificatrici di media frequenza 58, una 55 che ha il compito di rivelatrice, regolatrice automatica di intensità e preamplificatrice di bassa frequenza ed è collegata ad un pentodo finale 2A5. L'oscillatore di nota utilizza una valvola 58 ad accoppiamento elettronico, ed è accoppiato alla rivelatrice (diodo) a mezzo di una piccolissima capacità.

Super Skyrider S 9

Fig. 9

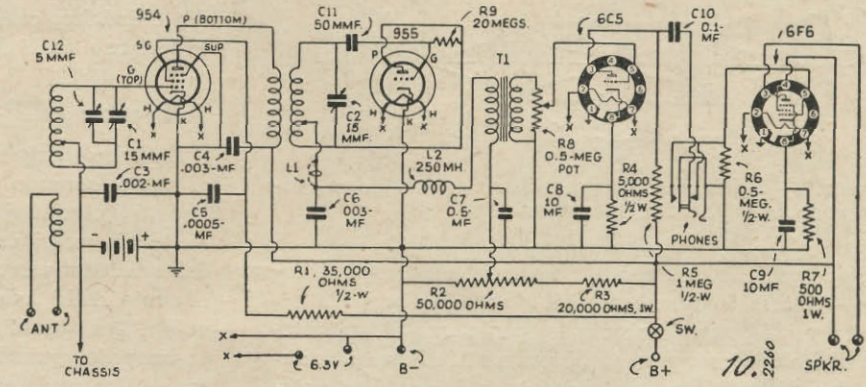
Questo apparecchio utilizza nove valvole per la ricezione di cinque gamme coprenti da 6,24 a 550 metri. Le valvole, come si può vedere dallo schema, sono tutte del tipo metallico.

National one-ten

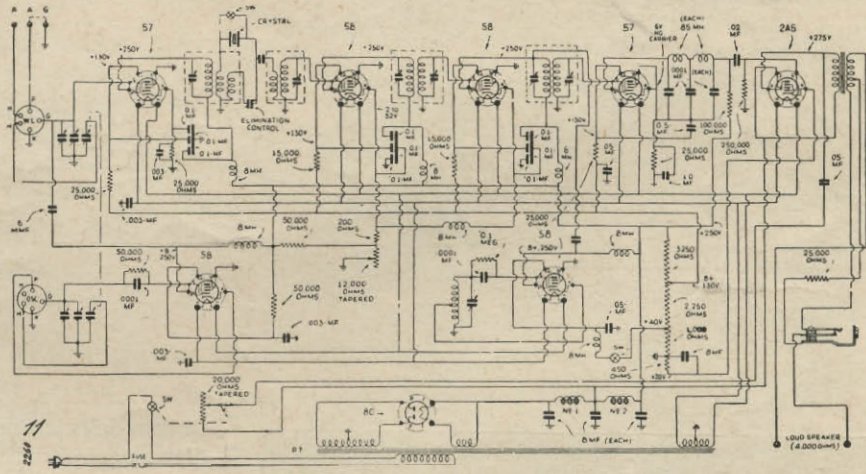
Fig. 10

Questo tipo di ricevitore costituisce una grande novità: è previsto per la ricezione dei segnali aventi una lunghezza d'onda da 1 a 10 metri. Lo schema illustra il principio del circuito. Si tratta di un ricevitore utilizzante le nuove valvole ghianda: un pentodo 954 è impiegato per l'amplificazione di alta frequenza e un triodo 955 come rivelatore a superrigenerazione autointerrotto. Seguono due stadi di bassa frequenza con valvole 6C5 e 6F6. Quest'ultima permette l'uso di un altoparlante.

L'apparecchio è studiato per l'uso in unione di un alimentatore National 5886 AB con divisore di tensioni interno. L'alimentatore deve fornire una tensione di 6 Volta c.a. e 180 cc. con 1,6 Ampere e 35 M.A. rispettivamente. L'apparecchio può essere, volendo, alimentato a batterie.

La gamma è coperta a mezzo di bobine intercambiabili: occorrono 6 induttanze per lo stadio di entrata ed altrettante per il ricevitore a superrigenerazione.

Hammarlund comet-Pro

Fig. 11

Questo ricevitore assomiglia ai tipi consimili: utilizza valvole a 2,5 Volta. Si compone di una prima rivelatrice, una oscillatrice, due amplicatrici di media frequenza, una rivelatrice 57 a caratteristica di placca, una oscillatrice di nota, una valvola finale di potenza ed una rettificatrice. Le bobine sono intercambiabili.

LA "LETTURA" DEI SUONI

Ing. G. Mannino Patané

2257/5

Il cannocchiale lettore

Nella riproduzione sonora degli impianti cinematografici moderni tutto quanto concerne la cosiddetta « lettura » dei suoni registrati acquista una particolare importanza, non del tutto ancora riconosciuta.

E' noto come l'accennata lettura abbia luogo: il flusso luminoso emesso da una lampada a basso vol-

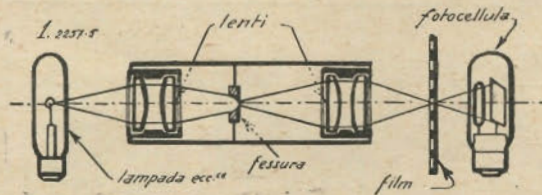



Fig. 1. — *Schema di un complesso lettore, con cannocchiale, per cinema sonoro.*

taggio (vedi fig. 1), con filamento rettilineo spiraliforme — intesa comunemente col nome di « lampada eccitatrice » —, vien concentrato, per mezzo di un sistema ottico condensatore, su di una stretta fessura. L'immagine di tale fessura viene ripresa da un altro sistema ottico e proiettata, secondo un flusso convergente — chiamato dai tecnici « segmento lettore », oppure « segmento esploratore », od anche « pennello luminoso » —, sulla colonna sonora del film; indi detto flusso diverge con un angolo solido più o meno pronunciato (vedi anche fig. 2) e va a colpire il catodo della fotocellula. Questa dunque deve essere collocata in posizione tale da ricevere totalmente il flusso e per tutta la superficie attiva del suo catodo.

I due sistemi ottici anzidetti, montati in una custodia cilindrica, costituiscono il cosiddetto « cannocchiale lettore » (vedi figg. 1, 2 e 3).

Influenza dell'altezza del segmento lettore

Il flusso luminoso che va ad eccitare la fotocellula, al quale, secondo una delle più importanti leggi dell'*effetto fotoelettrico*, è proporzionale il numero degli elettroni emessi dal catodo della cellula stessa, dipende, quantitativamente, in ultima analisi, dalla messa a punto della lampada eccitatrice rispetto al cannocchiale. Per questo in alcune teste sonore agisce su detta lampada, quando essa è in opera, un congegno micrometrico mediante il quale è consentita l'esatta cen-

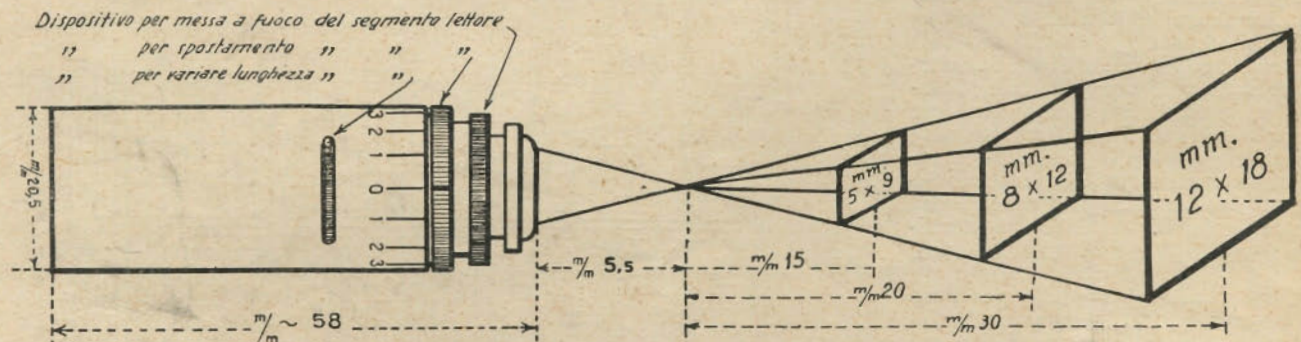



Fig. 2. — *Caratteristiche ottiche e dati costruttivi del cannocchiale lettore di cui alla fig. 3.*

tratura del filamento incandescente sull'asse ottico dell'istrumento (vedi fig. 3).

L'altezza del segmento lettore ha sul rendimento e sulla riproduzione sonora una grande influenza e se ne comprendono facilmente le ragioni. La velocità di scorrimento del film sul tamburo della testa sonora è di 455 mm. al secondo. In questo breve spazio di tempo le vibrazioni dei comuni suoni sono elevatissime: da circa 5000, per alcuni suoni musicali, fino a 20.000 per le armoniche più elevate della voce umana. L'intervallo teorico della colonna sonora corrispondente ad un solo periodo di vibrazione può scendere a mm. 0,002275, ossia a poco più di due millesimi di millimetro. All'atto pratico, però, l'intervallo non è così estremamente pic-

colo, poichè nelle registrazioni fotoacustiche si raggiungono a malapena, per un complesso di cause, i 10.000 hertz (periodi). Il fascio esploratore deve quindi attraversare la colonna sonora per un'altezza dell'ordine di 2 centesimi di millimetro, almeno, per le basse frequenze, e per un'altezza minore se si vuole una perfetta limpidezza della parola. Se la sua altezza fosse maggiore di due centesimi di millimetro, esso non varierebbe all'uscita, specialmente in corrispondenza del-

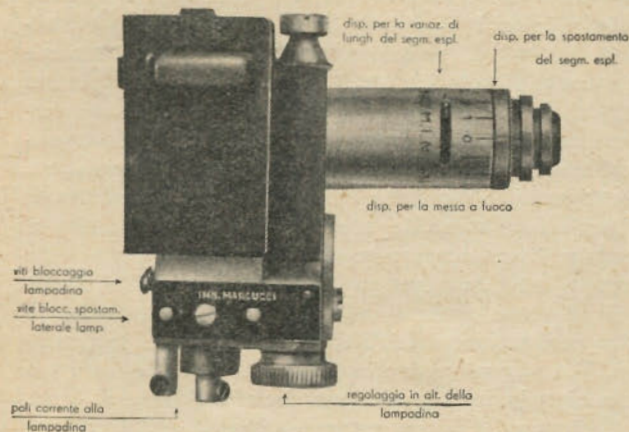



Fig. 3. — *Complesso lettore fotoelettrico munito di portalampada, cannocchiale (le cui caratteristiche principali sono illustrate nella fig. 2) e dispositivi vari di regolazione.*

le alte frequenze, secondo la stessa legge di variazione della trasparenza media della colonna sonora e di conseguenza neanche l'intensità della corrente fotoelettrica generata dalla cellula varierebbe secondo la legge dei suoni originali.

Non basta poi dare al segmento lettore l'altezza giusta, ma occorre pure lasciarlo cadere esattamente, con la sua sezione minima, sul piano della gelatina. Una errata messa a fuoco, infatti, cagionerebbe, da una parte, un abbassamento del rendimento sonoro, perchè una minore quantità di flusso colpirebbe la fotocellula,

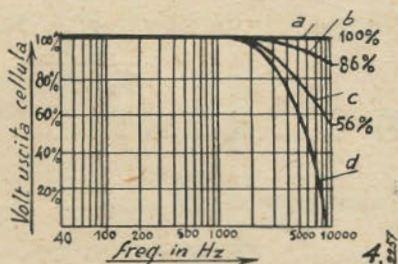
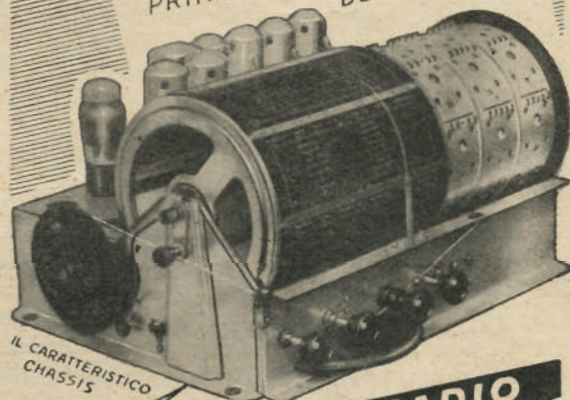



Fig. 4. — *Diagramma delle attenuazioni, nella riproduzione, alle varie frequenze da 40 a 10.000 hertz) e con determinate altezze del segmento lettore.*
Curva a: livello corrispondente alla tensione ricavata agli elettrodi della fotocellula con un'altezza del segmento lettore infinitesimale;
curva b: id. id. con un'altezza del segmento lettore di mm. 0,012;
curva c: id. id. con un'altezza del segmento lettore di mm. 0,025;
curva d: id. id. con un'altezza del segmento lettore di mm. 0,05.

e condurrebbe, dall'altra, ad un aumento dell'altezza del pennello lettore in corrispondenza della colonna sonora e si avrebbe allora, per la conseguente attenuazione delle note alte (vedi fig. 4), una riproduzione musicale afona e senza colore ed un parlato cupo e cavernoso, per lo più incomprensibile.

L'obbiettivo dei cannocchiali lettori è munito di avanzamento micrometrico elicoidale (vedi fig. 2 e 3), in modo da poter portare il segmento luminoso sul film alla massima nitidezza. Speciali microscopii, da 30 a 120 ingrandimenti, uno dei quali è rappresentato dalla fig. 5, permettono di stabilire, mediante osservazione diretta, la posizione ottica del segmento anche nei confronti della gelatina.

Fig. 5. — *Microscopio prismatico di controllo per la visione ingrandita della colonna sonora e del segmento lettore (da 40 a 120 ingrandimenti).*

Si hanno microscopii a visione diretta ed altri ad asse ottico piegato a 90°, con l'interposizione di un prisma a riflessione totale. Tale prisma può aversi, perchè imposto da necessità costruttive o per altre ragioni, anche nei cannocchiali lettori.

Influenza della posizione e della distribuzione luminosa del segmento lettore.

Nelle registrazioni fotoacustiche, fondamentali e derivate, *a densità costante ed a superficie variabile*, le quali si presentano, com'è noto, a forma di sega dai denti irregolari, ha la sua importanza anche la posizione e la distribuzione luminosa del segmento lettore. Nell'accennato sistema, infatti, la trasparenza media della registrazione, lungo l'asse normale alla colonna, è data dal rapporto fra la lunghezza della porzione trasparente e la lunghezza della porzione opaca. Il flusso lettore uscente dalla colonna può riprodurre fedelmente questo rapporto se esso si estende a tutta la colonna ed in maniera perfettamente uniforme. Una qualsiasi disuniformità conferita al segmento dalla visibilità dell'immagine delle spire incandescenti nel punto di massima nitidezza, o dal non perfetto parallelismo dei labbri della fessura o da una parziale otturazione della fessura stessa, come pure uno spostamento od una rotazione del segmento rispetto all'asse ottico, vengono inevitabilmente ad alterare, più o meno sensibilmente, l'accennato rapporto, introducendo distorsioni, anche notevoli, nella riproduzione dei suoni.

Infatti, se il segmento luminoso è spostato a sinistra si ha, di massima, una riproduzione musicale mancante di note alte, se il segmento è invece spostato a destra il parlato diventa balbuziente e si hanno forti rumori di fondo perchè il pennello lettore viene parzialmente intercettato anche dalla vicina perforazione. Se il pennello anzidetto è troppo corto si ha ancora la riproduzione musicale senza note alte, ma anche il parlato diventa cavernoso e balbuzionte. Un segmento troppo lungo produce anch'esso forti rumori di fondo perchè viene anche a cadere, da una parte, sulla vicina perforazione e dall'altra sul margine dei fotogrammi. Un segmento inclinato rispetto all'asse provoca una riproduzione musicale a parlata afona e distorta.

Distorsioni di varia natura e di varia entità possono sopravvenire per altri irregolari adattamenti del segmento modulatore.

Nelle registrazioni *a densità variabile*, le quali appaiono come una serie di segmenti orizzontali, paralleli e di differente trasparenza, la disuniformità o l'insufficiente lunghezza del pennello esploratore si ripercuotono soltanto sul rendimento sonoro, poichè provocano una diminuzione dell'energia luminosa eccitatrice di cellula. Le altre anormalità, invece, incidono sulla rispondenza fra le variazioni del flusso eccitatore e le variazioni della trasparenza media della registrazione e non si ha più la voluta proporzione fra vibrazioni sonore originali e correnti fotoelettriche ed anche in questo caso sbocchiamo in deformazioni della riproduzione sonora press'a poco della stessa natura di quelle accennate in precedenza.

Corso Teorico - pratico elementare di Radiotecnica

Vedi numero precedente

XXXV *di G. Coppa*

Le figure 8, 9 e 10 che si riferiscono alla precedente puntata

Discussione del circuito e del funzionamento di un ricevitore supereterodina.

E' venuto finalmente il momento di applicare le nozioni acquisite allo studio di un ricevitore completo di tipo moderno.

Il ricevitore in questione è quello illustrato in fig. 1, esso è un po' il prototipo dei ricevitori supereterodina di concezione moderna che sono tanto diffusi sul mercato mondiale di apparecchi radiofonici.

Esaminiamo brevemente i tipi di valvola che in esso sono impiegate, la loro funzione e le loro presumibili caratteristiche.

Essendo il circuito supereterodina ossia a cambiamento di frequenza, vi sarà una valvola cui spetta la funzione di convertire la frequenza della corrente captata dall'aereo in media frequenza, ossia una valvola « *convertitrice* ».

Per economia di valvole, questo stadio di conversione sarà composto con una sola valvola che possa svolgere funzioni di oscillatrice e di sovrappositrice in pari tempo.

Tale valvola sarà dunque un eptodo od un ottodo, conformemente a quanto abbiamo studiato nel N. 7.

I segnali applicati alla griglia di tale valvola sono molto deboli, non è quindi necessario che la valvola sia fatta in modo da sopportare forti variazioni di potenziale o da rendere delle potenze rilevanti d'uscita, detta valvola avrà dunque una corrente anodica debole e quindi un consumo limitato.

Nel circuito di fig. 1 identifichiamo tale valvola in quella contrassegnata con V_1, infatti si vede subito che il numero di elettrodi è di 7 (eptodo).

Il segnale proveniente dall'aereo, attraversando l'induttanza L_1 produrrà un campo magnetico alternato che porrà in oscillazione il circuito oscillante L_2 C_1 i cui estremi sono applicati fra griglia della prima valvola e massa. Il circuito oscillante L_2 C_1 sarà dunque in grado di accordarsi alla frequenza di una qualsiasi stazione d'una data gamma, per esempio della gamma delle onde medie.

Il circuito oscillante C_2 L_3, invece serve per produrre una oscillazione locale la cui frequenza deve differire da quella del segnale presente in L_2 C_1 di tanti periodi quanti sono quelli che compongono la media frequenza (L_4 è la bobina di reazione).

Infine, i circuiti C_3 L_5 e C_4 L_6 che troviamo in relasione ala placca di V_1 saranno i circuiti oscillanti a media frequenza.

Il segnale, parzialmente amplificato e convertito in media frequenza dovrà poi essere ulteriormente amplificato in media frequenza.

Dovremo dunque avere una valvola capace di dare una forte amplificazione al segnale. Data l'ancor piccola ampiezza del segnale, anche questa valvola potrà essere di piccola potenza (ricordare che con potenza si intende il prodotto: volt x ampère anodici).

Valvole che corrispondono a tali requisiti sono in generale i pentodi, nel nostro caso avremo dunque un pentodo amplificatore di media frequenza, esso è nello schema facilmente identificabile nella valvola contrassegnata V_2.

Il segnale, ormai di media frequenza, dopo essere stato amplificato da V_2 sarà presente nel circuito oscillante C_5 L_7 e si trasferirà nel circuito oscillante C_6 L_8 per via magnetica dal quale andrà agli organi di rivelazione.

Nel circuito di fig. 1, gli organi di rivelazione sono due diodi contenenti in un unico bulbo insieme ad una valvola amplificatrice a tre elettrodi (triodo) (V_3). Di detti diodi, per la rivelazione ne basta uno solo, l'altro verrà utilizzato per produrre la tensione per il CAV.

Il segnale, che è ancora sotto forma di corrente alternata di media frequenza modulata, per l'azione del diodo si trasformerà in una corrente pulsante di bassa frequenza (ossia verrà rivelāto) (vedasi quanto si è detto nel N. 21 e 22 dello scorso anno) e potrà venire ricavato fra due punti delle resistenze di carico R_9 o R_8 (nel nostro caso di R_8) e applicato, ormai ridotto a bassa frequenza, fra griglia e catodo di una valvola

amplificatrice di bassa frequenza (triodo contenuto in V_3).

Il segnale è ancora, malgrado le amplificazioni precedenti, assai debole, quindi non è necessario che detta valvola V_3 sia del tipo di potenza.

Dalla placca di detta valvola, mediante accoppiamento a resistenza e capacità, il segnale amplificato verrà applicato fra griglia e catodo di una altra valvola, amplificatrice di bassa frequenza (V_4).

Quest'ultima valvola però, deve alimentare col segnale amplificato l'altoparlante e deve quindi erogare una certa potenza, essa dunque, a differenza delle precedenti avrà una corrente anodica piuttosto forte.

Nello schema vediamo che per tale funzione è stata scelta una valvola a 5 elettrodi ossia un pentodo.

Quando il segnale è giunto all'altoparlante esso si ritrasforma in suono, il ciclo di trasformazioni è dunque finito. L'apparecchio ricevente vero e proprio si limita dunque a sole quattro valvole.

Si deve ora pensare alla sorgente necessaria per fornire la corrente indispensabile per accendere le valvole e per conferire loro le tensioni anodiche.

Una soluzione può essere quella di usare delle batterie di pile o di accumulatori (tale soluzione si applica ancora dove non vi sono altre possibili sorgenti di corrente elettrica a disposizione). Laddove però esiste già una sorgente di energia elettrica è preferibile usare un dispositivo che permetta di adattarla alle necessità dell'apparecchio.

In generale, la sorgente a disposizione è la rete della illuminazione elettrica a corrente alternata.

Nel caso della fig. 1, l'apparecchio è infatti provvisto di un complesso atto ad adattare la corrente di linea all'apparecchio (alimentatore).

Al centro di tale complesso troviamo una valvola (V_5) raddrizzatrice a due placche (vedere quanto è detto nel N. 23).

Attraverso a detta valvola deve passare tutta la corrente che serve ad alimentare gli anodi di tutte le altre valvole componenti il ricevitore, essa dovrà dunque essere una valvola di potenza e dovrà avere un filamento (o catodo) capace di emettere elettroni in gran copia.

La tensione di rete viene aumentata mediante un trasformatore T ed applicata alle placche della detta valvola, all'uscita di essa, troviamo un filtro composto di una induttanza L_9 e di due condensatori C_{22} e C_{23} la cui funzione è di ridurre la corrente unidirezionale pulsante ricavata dal raddrizzamento ad una corrente praticamente continua.

Un secondo avvolgimento di T (d-e) provvede a fornire la corrente adeguata all'accensione del filamento della valvola raddrizzatrice ed infine un terzo avvolgimento (g-h) serve a fornire la corrente necessaria a

riscaldare i filamenti o i catodi delle valvole riceventi. Il collegamento fra detto avvolgimento ed i filamenti, in figura non viene indicato per semplicità e perchè tanto elementare da poter essere da chiunque concepito.

Elementi di progettazione

Ora che ci siamo resi conto in modo approssimato del funzionamento del ricevitore, vediamo di prendere in considerazione qualcuno degli elementi fra i più importanti che determinano le caratteristiche e dimensionano i valori delle principali parti.

I due principali punti di riferimento a cui si riferisce la progettazione sono la *potenza d'uscita* e la *sensibilità d'ingresso.*

La potenza di uscita di un ricevitore medio si aggira intorno ai 3 watt misurati al secondario del trasformatore di uscita, per essa si ammette una certa percentuale di distorsione dovuta alla presenza di frequenze multiple della fondamentale ossia di *armoniche*.

In media è tollerato un massimo di distorsione del 5% (ossia la presenza del 5% di armoniche).

La sensibilità di un ricevitore medio si aggira intorno ai 50 microvolt; ossia: quando si applica fra il morsetto di aereo e quello della massa un segnale del valore di 0,000050 volt, la potenza resa al secondario del trasformatore è di 50 milliwatt (0,050 w.).

La prima cosa da fare quando si è in possesso di questi elementi è quella di scegliere la valvola finale adatta.

Valvole finali capaci di fornire una potenza di 3 watt con il 5% di distorsione ne sono state create parecchie sia nella serie americana che in quella europea, citiamo la 2A5, la 42, la 6V6 ecc. per la prima, la WE30, la E443H, WE38, EL3 ecc. per la seconda, tutti pentodi.

Dalle caratteristiche che ogni Casa da' per ogni valvola si viene a conoscere subito quali sono i valori ottimi di tensione e di impedenza anodica che si richiede perchè la valvola renda la potenza voluta con quel tanto di distorsione ammessa.

Se, per esempio la valvola è una 2A5, i suoi dati caratteristici sono i seguenti:

tensione filamento	volt 2,5
intensità filamento	amp. 1,75
tensione anodica	volt 250
tensione griglia schermo	volt 250
Intensità anodica media	mA 34
Intensità griglia schermo	mA 6,5
Pendenza	mA/V 2,200
Coeff. di ampl.	220
Resistenza di carico ottima Ω	7000
Potenza d'uscita	W 3,000
Tensione di polarizz. griglia	V 16,5

In base a questi dati sappiamo così che per il miglior funzionamento è necessario che l'impedenza del primario del trasformatore d'uscita, ad altoparlante inserito sul secondario, offra una impedenza di 7000 ohm circa (resistenza di carico).

Detta impedenza si intende misurata a 400 periodi.

La resistenza ohmica di tale avvolgimento si aggira in generale intorno ai 500 ohm.

Ora che è nota l'impedenza di carico, calcoliamo quale è la tensione che si deve formare ai capi di essa per l'uscita dei 50 milliwatt ai quali si riferisce la sensibilità di ingresso.

Dalla formola della potenza $W = E.I$ si ricava $W = E \cdot \frac{E}{R}$ ossia $W = \frac{E^2}{R}$ da cui $E = \sqrt{WR}$

Essendoci noto che W deve essere 50 milliwatt ed R deve essere 7000 ohm, avremo:

$$E = \sqrt{7000 \times 0{,}050} = \sqrt{350} = 18{,}6 \text{ volt.}$$

Il ricevitore deve essere dunque in grado di amplificare il segnale che è di 50 μV fino a portarlo a 18,6 volt.

In tale caso, il rapporto fra la tensione di uscita e quella di entrata sarà di:

$$\frac{18{,}6}{0{,}000050} = 372000$$

Potremo anche dire che il ricevitore dovrà amplificare in tensione 372000 volte malgrado le trasformazioni che in esso si compiono.

Dopo questo breve sguardo generale al comportamento a cui il ricevitore deve rispondere torniamo allo stadio finale.

Sappiamo che la tensione negativa che si deve applicare alla griglia deve essere di 16,5 volt, ciò significa che il segnale di bassa frequenza che

si applica alla griglia medesima non dovrà superare anche durante i suoi massimi tale valore.

Siccome sappiamo che

$$E_{eff} = \frac{E_{mass.}}{\sqrt{2}},$$

il valore efficace del segnale da applicare alla griglia sarà dato da:

$$E_{eff} = \frac{16,5}{\sqrt{2}} = \frac{16,5}{1,41} = 11,6 \text{ circa}$$

(volt).

La valvola che precede la finale deve dunque essere in grado di fornire la tensione di 11,6 volt (l'intensità non ha importanza perchè la griglia essendo negativa non assorbe alcuna corrente).

Anche per tale funzione sono state create molte valvole per cui non rimane che l'imbarazzo della scelta.

La valvola in questione, lo si è già detto, non sarà una valvola di « potenza », essa avrà quindi una piccola corrente anodica.

Essendo la 2A5 della serie di 2,5 volt d'accensione, si sceglierà la valvola 2A6 le cui caratteristiche sono:

Tensionz. filamento	=volt 2,5
Intens. filamento	=amp. 0,8
Tens. anodica	V 250
Intens. anodica	mA 0,8
Vg	=V —2
Coeff. ampl.	100
Pendenza	mA/V 1,1
Res. int. Ω	91.000

detta valvola è un triodo e quindi, per la minor distorsione deve avere una resistenza di carico (quella in serie alla placca) pari al doppio della resistenza interna.

Nel nostro caso si addice una resistenza di 200.000 ohm (essendo circa 100.000 la resistenza interna).

Quando sia nota la resistenza interna (Ri) di una valvola ed il valore della resistenza di carico (Re) e del coefficiente di amplificazione (k), è possibile conoscere la reale amplificazione della valvola (A) mediante l'espressione:

$$A = k \frac{R_e}{R_i + R_e}$$

Nel nostro caso

$$A = 100 \frac{200\cdot000}{200\cdot000 + 100\cdot000} = 66$$

circa.

Detto valore dell'amplificazione dovrà però essere ridotto leggermente perchè la resistenza di carico viene a trovarsi in parallelo alla resistenza di griglia della valvola che segue (attraverso al condensatore di accoppiamento). Supponiamo che l'amplificazione reale sia di 50 volte, ciò significa che per avere ai capi della resistenza di carico la tensione di 11,6 volt, si dovrà applicare alla griglia un segnale di:

$$\frac{11,6}{50} = 0,232 \text{ volt.}$$

Rimangono così fissati per sommi capi i principali requisiti dell'amplificatore di bassa frequenza.

Procediamo ora con eguale sistema al calcolo dei requisiti a cui deve rispondere la media frequenza.

L'onda dei segnali radiotelefonici ricevuti non è mai praticamente modulata al 100%, anzi, nella generalità dei casi la modulazione si aggira intorno al 30°.

Il valore di 0,232 volt rappresenta dunque nella generalità dei casi, il 30% dell'ampiezza della oscillazione di media frequenza che viene applicata ai diodi rivelatori.

L'oscillazione di MF deve dunque essere di almeno 0,77 volt perchè si possa ottenere la massima potenza di uscita dalla valvola finale.

E' bene però che questo valore non venga superato perchè altrimenti la valvola finale sarebbe forzata oltre la sua potenza normale e produrrebbe distorsioni.

Praticamente è utile allo scopo anche il potenziometro regolatore di volume (R_8).

Occorre ora che le valvole V_1 e V_2 con i relativi circuiti amplifichino in modo da portare il segnale di 50 μV a 0,77 volt ossia che si abbia una amplificazione complessiva di:

$$\frac{0,77}{0,000050} = 15\cdot400 \text{ volte}$$

A tale scopo si sceglierà per V_2 una valvola capace di dare una buona amplificazione a media frequenza.

Si è detto che non è necessario che detta valvola abbia una forte corrente anodica, essa non sarà dunque una valvola « di potenza ».

Per questa funzione è particolarmente adatto un pentodo per alta frequenza, esso sarà del tipo a pendenza variabile allo scopo di poter essere regolato automaticamente dal CAV.

Nella serie a 2,5 volt d'accensione troviamo la valvola '58 che risponde a tali requisiti.

Fra le altre caratteristiche si apprende che tale valvola ha un coefficiente d'amplificazione di 990 ed una resistenza interna di 600.000 ohm.

(segue) *G. Coppa.*

Abaco — *vedi pagina seguente.*

Le linee oblique di tale abaco si riferiscono alla frequenza, ad ogn'una d'esse corrisponde una frequenza.

Le linee orrizzontali corrispondono ciascuna ad un valore di induttanza, i valori sono indicati sul lato sinistro.

Le linee verticali corrispondono ciascuna ad un valore di capacità, detti valori sono indicati nella scala inferiore e sono espressi in decimillesimi di Microforad.

Questo abaco risolve i seguenti problemi:

1) *Dato il valore di induttanza e di capacità trovare la frequenza di risonanza. Basta in tal caso vedere in qual punto si incontrano le rette relative, l'obliqua che passa per tale punto corrisponde alla frequenza cercata.*

2) *Data l'induttanza e la frequenza trovare la capacità. Basta trovare il punto d'intersezione della orrizzontale con l'obliqua; la verticale che passa per tale punto porta il valore di capacità cercata.*

3) *Data la capacità e la frequenza trovare la induttanza. Basta trovare il punto di intersezione fra la verticale e l'obliqua; la orrizzontale che passa per esso indica il valore di induttanza cercata.*